中部地區農業氣象環境與災害發生潛勢分析

陳守泓 [1]、李炳和 [2]、姚銘輝 [1]、申雍 [3]*

[1] 行政院農委會農業試驗所農業工程組

[2] 交通部中央氣象局嘉義氣象站

[3] 國立中興大學土壤環境科學系

摘要

臺灣中部地區(臺中、南投、彰化、雲林、嘉義、臺南等縣)屬於柯本氏分類法中的夏濕冬乾的暖溫帶氣候(Cw)。夏季平地高溫可以超過 35℃，冬季低溫平地和山區可能分別低達 5℃和-5℃以下。日夜溫差夏季平均約 7-9℃，冬季平均約 8-11℃，沿海地區整年約維持在 6℃。夏季受天空雲量增多之影響，山區日射量顯著低於平地。各地最大瞬間陣風風速皆有可能會超過 8 級風(輕度颱風標準)。依災損金額區分，本地區主要農業氣象災害依序為颱風害、雨害、寒害、冰雹害、旱害、以及焚風害。雖然颱風害導致的災損金額約佔所有農業氣象災損金額的 2/3，但主要致災因素仍是因為雨量過大所造成。近十年間，中部六縣颱風害和雨害發生率皆超過 70%；臺中、南投兩縣寒害發生率在 30%以上，其餘四縣發生率在 20%以下；由於本地區已依水庫存水量實施稻作休耕措施，因此旱害發生率在 10%以下；冰雹害六縣皆曾發生，但發生率在 20%以下；焚風害僅曾在南投縣發生，發生率為 30%。電視或廣播是目前農民獲取農業氣象災害防護知識的主要管道，顯示相關推廣教育仍有待加強。農民可接受的防護措施成本必須在每分地 5 萬元以下，因此除需積極加強經濟有效的微氣象防護措施的研發工作外，在規劃擬種植之作物前參考當地氣象災害發生潛勢資訊，將可減輕農業氣象災害的損失。

關鍵詞：農作生產、氣象災害、潛勢分佈、農業氣象。

* 通信作者, yshen@nchu.edu.tw

投稿日期：2007 年 8 月 7 日

接受日期：2007 年 11 月 1 日

作物、環境與生物資訊 4:345-352 (2007)

Crop, Environment & Bioinformatics 4:345-352 (2007)

189 Chung-Cheng Rd., Wufeng, Taichung Hsien 41301, Taiwan ROC

The Agrometeorological Environment and Disasters Occurring Potential in the Central Region of Taiwan

Shou-Hung Chen[1], Ping-Ho Lee[2], Ming-Hwi Yao[1] and Yuan Shen[3]*

[1] Agricultural Engineering Division, Agricultural Research Institute, COA, Wufeng, Taichung Hsien 41301, Taiwan ROC

[2] Chiayi Meteorological Observatory, CWB, MOTC, Chiayi 60086, Taiwan ROC

[3] Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung Hsing University, Taichung 40227, Taiwan ROC

ABSTRACT

The central region of Taiwan, including Taichung, Nantou, Changhua, Yunlin, Chiayi, and Tainan, has temperate climate with dry winter (Cw) as classified from Koppen's system. The temperature would exceed 35℃ in summer. In winter, the plain and mountainous areas would be less than 5℃ and -5℃ respectively. The averages of temperature differences between day and night were about 7-9℃ and 8-11℃ in summer and winter, respectively. The temperature difference in coastal area was about 6℃. The solar radiation at mountainous areas was less than that at the plain, and affected possibly by cloudiness. The maximum wind velocity may exceed the 8th level in the region. Based on the value of

economic loss, the major agrometeorological disasters in descending order were typhoon, rainfall damage, cold damage, hailstorm, drought, and foehn. Although the loss value of typhoon was 1/3 of all, the main cause of the disaster was the excessive rainfall. In the past decade, the occurring probability of both typhoon and rainfall damage was above 70%. The occurring probability of cold damage was above 30% at Taichung and Nantou, but was less than 20% at the others. Because the rice fallow policy was implemented, the occurring probability of drought was less than 10%. Hailstorms occurred at 6 counties but the probability was less than 20%. Foehn occurred only at Nantou and the probability was 30%. Videos or broadcasts were the major way for farmers got information protected from agrometeorological disasters, indicating education to general public need to be strengthened. Because the cost a farmer likely to spend was less than NTD500,000 per ha, we must enhance the research of protected measures and the use of potential information to mitigate the loss caused by agrometeorological disasters.

Key words: Agricultural production, Meteorological disaster, Potential distribution, Agrometerorology.

農業氣象環境

本文所探討的中部地區係指由臺中至臺南一帶的西部平原地帶，本區西臨臺灣海峽，東有中央山脈及阿里山山脈屏障，區內並有北回歸線橫貫。由中央氣象局局屬站(臺中站 467490、日月潭站 467650、嘉義站 467480、阿里山站 467530、臺南站 467410)的長期資料統計顯示(Fig. 1)，本區降雨多集中於五月至八月間，越往山區越高，平地月平均溫度為 13℃至 30℃之間的變化範圍。在氣候型態上，除臺南(Cw→Aw)之外，均屬於柯本氏分類法中夏濕冬乾的暖溫帶氣候型態(Cw)。

Fig. 2 為農業氣象環境之最高溫、最低溫、日夜溫差、日照時數、日射量以及最大瞬間風速的年際變化。以梧棲站(467770)為例，因處海陸交接的位置，日夜溫差受海洋的調節而明顯變小，依目前資料統計顯示溫差約為 6℃ (Fig. 2c)，因此在未來全球暖化的趨勢下，除了最低溫將會提升之外，各地的日夜溫差亦將隨之縮小。日照時數(Fig. 2d)同時反應出各地的雲量及降雨量多寡，此亦間接說明高山夏季日射量(Fig. 2e)較平地少的原因。本區由於天然屏障少，使得平均最大瞬間風速幾乎已達到輕度颱風的程度(Fig.2f)。

農業氣象災損統計

依據農業年報資料統計，中部地區發生的農業氣象災害種類主要為颱風、雨害、寒害、旱害、冰雹、焚風等幾種類型。就經濟層面而言，農業氣象災害損失的金額各地皆以颱風災害損失最為嚴重(Table 1)，尤其彰化縣損失更高達 61 億元為本區之冠，其次為臺中縣 60 億元、雲林縣 48.2 億元，上述三縣市的颱風損失約占總損失金額的 67.6%。雨害損失多發生於彰雲嘉南地區約占全區總損失金額的 87.6%，寒害則以臺中及南投的損失較為嚴重約占全區總損失金額的 90.2%。近十年的農業氣象災損發生次數統計結果(Table 2)，顯示中部各地區的颱風與雨害的發生次數都極為相近，冰雹災害則於各地區皆有發生，旱害於臺中、彰化、雲林各發生一次，但是寒害則以臺中及南投的發生次數較多，焚風災害僅曾於南投地區發生 3 次。比較 Table 1 與 Table 2 則可以發現，寒害發生造成臺中及南投地區極大的經濟損失。

以問卷調查方式訪查農民對作物災損程度的體認，發現受訪農民認為颱風災害相當嚴重(受災程度 90%以上)的比例只有 9%，有 53.8%的受訪農民都認為颱風災損程度在 30~60%之間；對於雨害有超過 36.3%的受訪農民認為致災程度約有 10~20%；低溫傷害程度亦以 10~20%為最多；至於旱害有 35.2%的受訪農民認為沒有傷害，另有 33.8%的受訪農民則認為旱害致災程度約有 10~20%，顯示農民大多認為旱害的問題較小。若以農業年

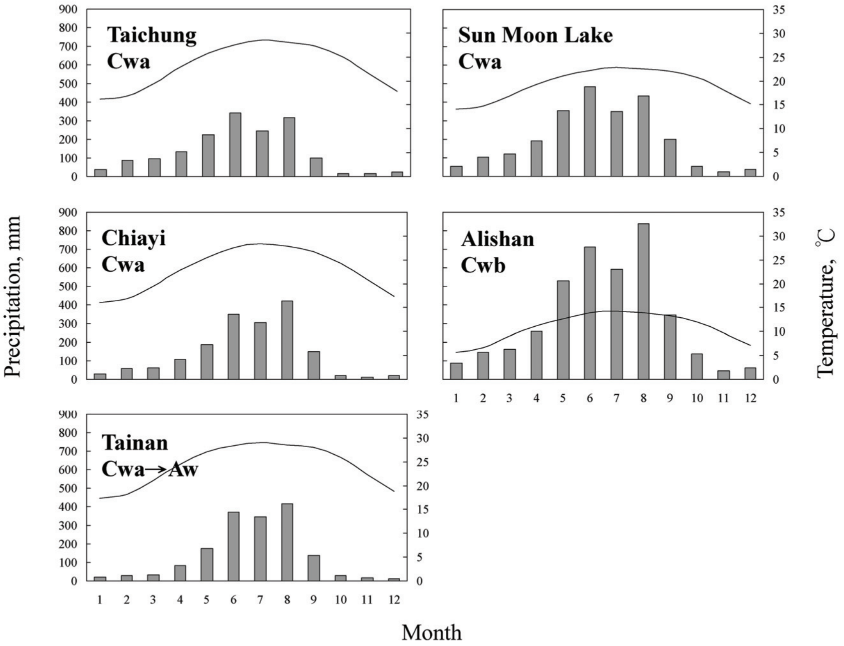

Fig. 1. The annual distributions of precipitation and temperature at the central region of Taiwan.

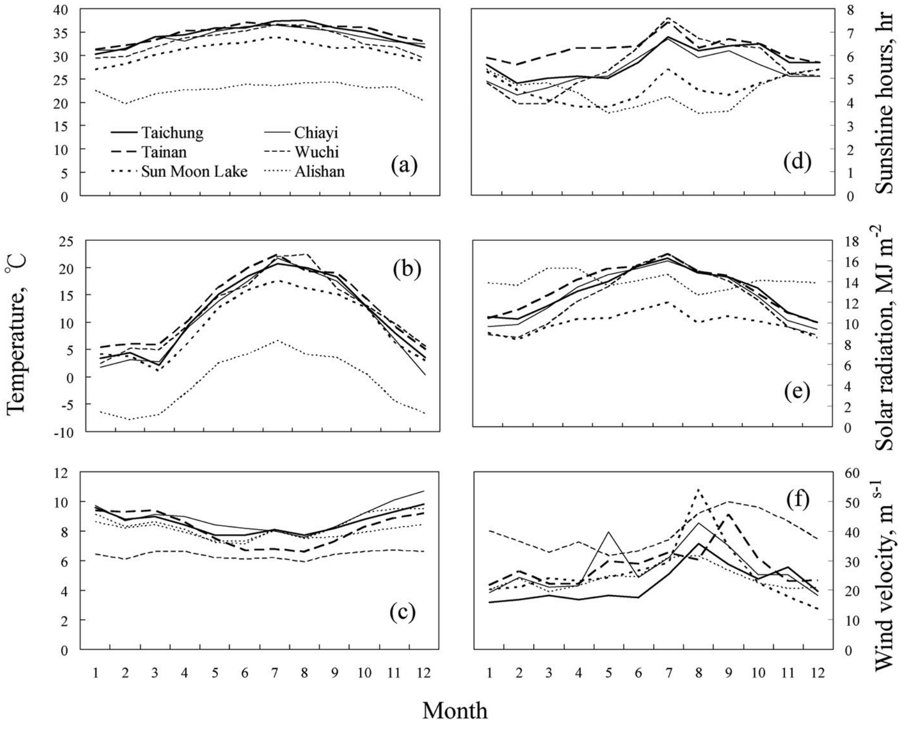

Fig. 2. The distribution of the (a) highest temperature, (b) the lowest temperature, (c) temperature differences between day and night, (d) sunshine hours, (e) solar radiation, and (f) the maximum wind velocity at the central region of Taiwan.

報資料統計農業氣象災損受損率(Table 3)，在所有災害別中，以旱害對雜糧作物和特用作物的影響程度最為嚴重，受損率分別為70%與 68%，其次冰雹與焚風的傷害程度亦相當大，但是可能由於栽種面積或受損面積小，所以經濟上的損失較不明顯(Table 1)。颱風、雨害與寒害的受損率雖然不是最大的，但是由於災害影響的範圍廣大，所以均造成極大的經濟損失。各類作物中受颱風影響最嚴重者為花卉作物(40%)，其次為雜糧作物(39%)。遭逢雨害受損最嚴重者亦為花卉作物(35%)，其次為果樹(33%)，在這兩類災害中水稻的受損程度與其他作物相較均為最低者，分別為 22%與 20%，間接顯示水稻生產可能較不受颱風及降雨的影響。

中部地區氣象災害概況

下列為中部地區容易發生之四類農業氣象災害概況：

一、颱風

颱風對於中部地區的影響，主要為其挾帶的大量降雨所造成的災情，由於山脈的阻隔，往往隨著颱風通過臺灣地區後，水氣豐富的上波氣流自西北直撲而來，往往在局部山區發生超大豪雨的情形。此外，極端乾燥

Table 1. The values of economic loss from agrometeorological disasters.

	Typhoon	Heavy rain	Cold temperature	Drought	Hailstorm	Foehn	Subtotal
Taichung	60.0	4.5	17.2	2.7	13.8	0.0	98.2
Nantou	34.0	3.7	11.4	0.0	1.3	0.1	50.6
Changhua	61.0	13.1	0.1	0.0	0.2	0.0	74.4
Yunlin	48.2	20.0	0.3	0.2	0.5	0.0	69.1
Chiayi	18.1	13.0	2.6	0.0	2.3	0.0	35.9
Tainan	28.0	11.0	0.1	0.0	1.5	0.0	40.6
Subtotal	249.2	65.2	31.7	2.9	19.7	0.1	368.8

Table 2. The occurring number of agrometeorological disasters in the past decade.

Unit: hundred million

	Typhoon	Heavy rain	Cold temperature	Drought	Hailstorm	Foehn
Taichung	8	9	4	1	2	0
Nantou	7	9	3	0	1	3
Changhua	7	7	1	1	1	0
Yunlin	8	7	1	1	1	0
Chiayi	7	7	1	0	1	0
Tainan	10	8	2	0	2	0

Table 3. The damaged percentage of agrometeorological disasters. (Unit: %)

	Typhoon	Heavy rain	Cold temperature	Drought	Hailstorm	Foehn
Rice	22	20	26	10	41	—
Coarse grain	39	26	10	70	54	—
Fruits	25	33	22	18	44	8
Vegetables	27	30	25	13	41	39
Flowers	40	35	21	—	29	33
Special crops	26	30	24	68	23	5

高溫的焚風，亦常伴隨在颱風期間發生，其發生因素主要均與颱風外圍沉降氣流或山脈背風面下坡氣流、颱風中心位置及強度有關，當颱風中心位於臺灣南部或巴士海峽時，臺中及彰化地區因位處向西流動氣流的背風面，有極大機會出現顯著的焚風。

二、雨害

臺灣西南部地區全年降雨多集中於五月至九月間，五、六月以梅雨為主，七月至九月之間則以熱雷雨、地形雨和颱風雨為主。長期降雨或瞬間大雨對於作物生長影響甚大，除了可能因雨點打擊葉片和淹沒及沖毀田地而造成直接損害之外，也會導致土壤過濕而對作物產生傷害。降雨時表土中的水分若無法迅速導入較深的土層，或進入地下排水層中，導致土壤中存在過多的水分，作物根部因土壤中氧氣濃度不足而受到傷害，作物葉片將不易得到足供蒸散的水分而萎凋 (Gliński and Stepniewski 1985, Iwata *et al.* 1990, Yang *et al.* 2002)，進而因遭受淹水逆境傷害導致減產 (Ismail and Noor 1996, Grichko and Glick 2001, Liao and Lin 2001)。分析各降雨期間之降雨日數、累積雨量與每日蔬菜代採價格最大價差延遲天數間之關係(Fig. 3)，發現最大差價延遲天數明顯隨降雨天數而增加，但累積雨量愈大反使延遲天數減少，表示雨季期間隨著雨期增長，可能使蔬菜品質降低且不利於蔬菜之生長栽培，因而使蔬菜價格持續上升。

目前雖然已有許多防護措施用以減緩降雨事件對蔬菜所造成的傷害程度，但是由於土壤中水分動態變化仍使作物有淹水傷害的情形發生。分析連續三天累積雨量達 150 mm 的發生機率，顯示梅雨期間中部地區臺中、南投山區與嘉義山區有較大的發生潛勢(Fig. 4a)，而颱風季節則以嘉義及臺南的潛勢較大(Fig. 4b)。

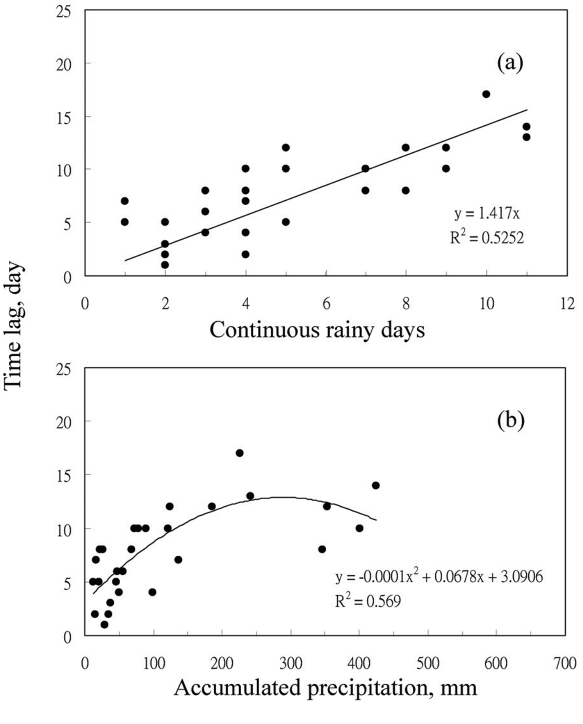

Fig. 3. The relationship between time lag and (a) continuous rainy days, (b) accumulated precipitation in the rainfall events except typhoons.

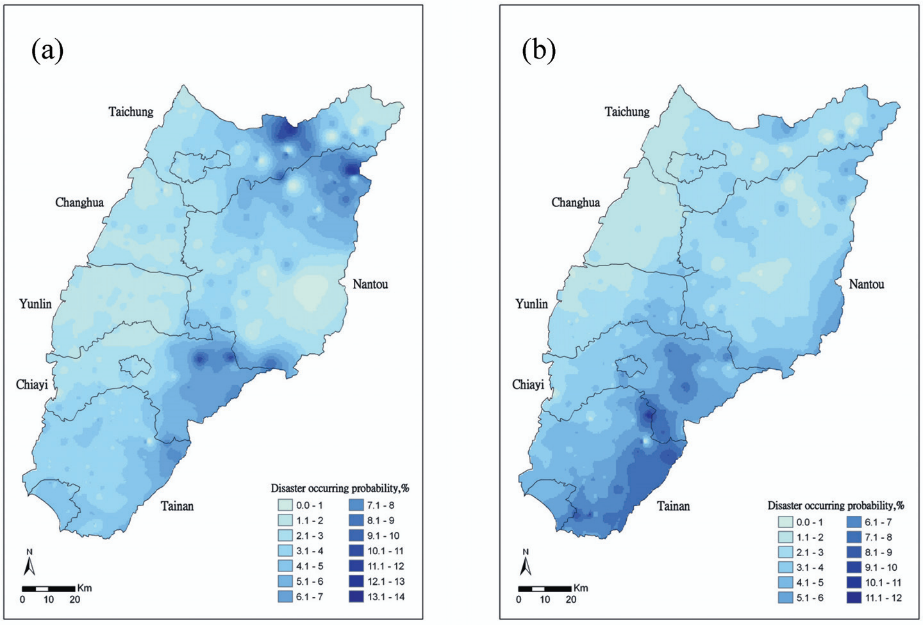

Fig. 4. The potential of accumulated rainfall ≥ 150 mm per 72 hours during (a) May to June and (b) July to September at the central region of Taiwan.

三、寒害

臺灣地區自秋末至翌年初春易受極地冷氣團南下之影響，各地的旬平均氣溫自 12 月中旬起至翌年 3 月上旬均低於 20℃。分析中部地區一月間氣溫低於 10℃之發生機率(Fig. 5)，顯示臺中、南投山區與嘉義山區遭受低溫的機率極高，尤其臺中地區因屬盆地地形，冷空氣可沿雪山山脈由盆地東北方流入，而雲嘉南地區因輻射冷卻強烈，夜間低溫下降甚多，也是導致這些地區易遭受寒害的原因之一。引發果樹遭受寒霜害的氣象環境，多發生於冬季冷鋒通過後，因高壓下沉氣流造成之晴朗、乾燥、無風至微風的夜晚，此時不僅輻射冷卻強烈，且因風力微弱不足以打破夜間穩定層而導致顯熱供輸不足，因而導致植被溫度顯著下降。氣溫陡降使得熱帶及亞熱帶作物造成生理異常現象，產生落花、落果，葉片呈水浸狀、局部壞疽，嚴重者黃化脫落，致產品品質及產量下降，造成農業生產極大的損失。因此，對於作物栽培，須特別注意低溫傷害的防護措施。

四、旱害

由於橫亙全島南北高大山系之阻擋，東北季風中所含的水氣幾乎皆落於東北部與北部，再加上氣流下沉增溫作用，使得中部及西南部地區在冬春季有長達半年的乾季。且夏季期間因受太平洋副熱帶高壓下沉氣流之影響，降雨機會亦少，因此本區之農業栽培主要依靠水庫存蓄存梅雨和颱風所帶來之降水。若梅雨鋒面因太平洋副熱帶高壓之發展而提早北移，以致梅雨減少，同時夏秋間颱風減少，則乾旱時間增長，且在蒸發散量大的情況下，將極易發生旱害。旱害之發生與降雨、蒸發散量及土壤儲存水分能力有密切之關係，換言之，土壤乾旱度即為土層有效水分減去每月有效降雨總量的所剩餘的水分含量(Table 4)，Shen and Huang (1996)利用日射量和氣溫推估臺灣西南部地區的潛在蒸發散量，並配合各地土壤中可利用水分和有效降雨量的資料，指出中部地區發生乾旱的機率以嘉南平原最高，其次為雲林地區與臺中盆地，彰化地區再次之。

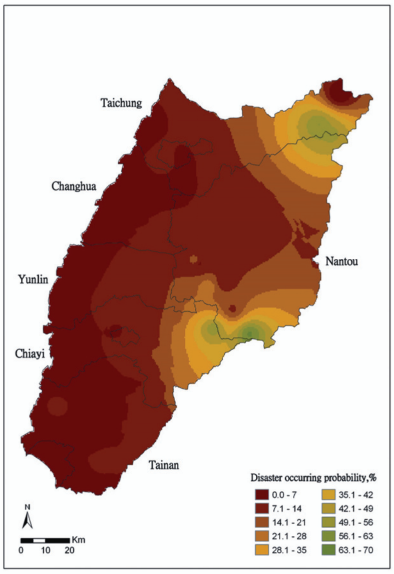

Fig. 5. The potential of daily absolute temperature ≤ 10℃ during January at the central region of Taiwan.

Table 4. The levels of soil dryness.

Category	Drought level
No drought	＞50 mm
Slight drought	0~50 mm
Moderate drought	-50~0 mm
Serious drought	＜-50 mm

氣象災害資訊提供概況

根據針對農民的問卷調查結果顯示，遭逢主要災害的受訪農民對於農業氣象災害防護有超過 40%的資訊多來自於提供即時資訊的電視或收音機等電子媒體，尤以颱風資訊最多(佔 56.9%)，但是亦有超過 30%的受訪農民認為資訊提供仍匱乏不足，尤其遭遇旱害時的資訊更少(佔 46.1%)；然而當面臨次要災害發生時，各類災害平均超過 50%的受訪農民多認為缺乏災害防護資訊，即使有資訊亦都來自於傳遞速度較慢的報章雜誌等平面媒體(平均佔 20.5%)，此顯示推廣教育仍有待加強。由於災害防護的資訊來源不足，但是災害發生機率又逐漸提高的情況下，農業栽培過程中的損失將無可避免。因此農民在長期虧損的脅迫下，雖多不願投資大量金額的災害防護費用，平均有 49.3%的受訪農民只願意花費一萬元以下的防護費用，但是對於氣象災害資訊相對較豐富的颱風災害，則比較願意提高災害防護的投資金額，可接受五萬元以下之防護費用者總計有 80.1%。此顯示資訊的及時傳遞與提供，無論改良場所、農會指導員或農政單位仍須有極大的改進作為，以提高農業栽培對災害的防範措施。

結語

本地區降水分佈受地形影響大，尤其當梅雨鋒面來臨以及西行颱風中心位於北部陸地或近海時降雨最多。雨害成因除因地表淹

水、土石掩埋、雨點打擊外，臺灣地區沖積土的多質地層理特性所導致的土壤內部排水不良也是重要原因之一。寒害則多發生於雪山山脈南麓和中央山脈西麓之坡地。本區冬半年為旱季，若發生空梅現象且颱風未帶來足夠降雨，容易導致嚴重乾旱災害。焚風受颱風環流所引起，主要發生西行颱風中心位於巴士海峽期間。氣象災害經常導致農民遭受重大的經濟損失，為減少各類農業氣象災害所造成的各項危害，應致力於災害的預防準備工作。農業氣象災害預防可由災害發生潛勢評估及災害防護措施研發兩個方面同時著手，現地農業氣象災害發生潛勢是農民規劃種植作物前必要的參考資訊，而經濟有效的微氣象災害防護措施則可幫助農民減輕災害損失，進而達到減災及耕地迅速復原的目標。

引用文獻

Gliński J, W Stępniewski (1985) Soil Aeration and Iits Role for Plants. CRC Press, Florida. 229pp.

Grichko VP, BR Glick (2001) Flooding tolerance of transgenic tomato plants expressing the bacterial enzyme ACC deaminase controlled by the 35S *rolD* or PRb-1*b* promoter. **Plant Physiol. Biochem.** 39: 19-25.

Ismail MR, KM Noor (1996) Growth and physiological processes of young startfruit (*Averrhoa carambola* L.) plants under soil flooding. **Sci. Hort.** 65: 229-238.

Iwata S, T Tabuchi, BP Warkentin (1988) Soil-Water Interactions: Mechanisms and Applications. Marcel Dekker, Inc., New York. 380pp.

Liao CT, CH Lin (2001) Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(B). 25(3): 148-157.

Shen Y, SW Huang (1996) Estimation and application of potential evapotranspiration in south-west region of Taiwan. **Chinese J. Agromet.** 3(3): 141-149.

Yang CM, FM Chang, RK Chen, YJ Lee, BK Shen (2002) Plant growth and water content of *Amaranthus mangostanus* in response to waterlogging. **Chinese J. Agromet.** 9: 37-48.

－編輯：楊純明